

## Разработка стенда по техническому обслуживанию и ремонту узлов железнодорожной техники

**С.П. Лысый<sup>1</sup>, И.А. Поликанова<sup>1</sup>, М.А. Вишниккина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Пензе (Филиал СамГУПС в г. Пензе); г. Пенза, Россия;

<sup>2</sup> Средняя общеобразовательная школа № 37 (СОШ № 37); г. Пенза, Россия

### АННОТАЦИЯ

Разработка стенда по техническому обслуживанию и ремонту узлов железнодорожной техники включает теоретические и практические исследования. Теоретические исследования представляют собой основу для получения практических результатов. Особое внимание уделяется расчетам ответственных узлов и деталей. Посредством стенда можно приводить в работоспособное состояние вагоны, тепловозы, электровозы и другой подвижной состав.

Цель исследования — разработка стенда по техническому обслуживанию и ремонту узлов железнодорожной техники. Объект исследования — технологический процесс работы стенда по техническому обслуживанию и ремонту узлов железнодорожной техники.

Научную новизну работы составляют: теоретическое обоснование параметров конструкции стенда; конструктивно-технологическая схема стенда; оптимальные конструктивные и режимные параметры стенда; оценочные показатели качества работы стенда.

Практическая значимость заключается в применении стенда на ремонтных участках железной дороги, уменьшении трудоемкости выполняемых работ, простоте обслуживания, наименьшей стоимости при изготовлении.

Теоретические методы основывались на принципах классической механики, математического анализа, синтеза, моделирования и др. Обработка экспериментальных данных выполнена с использованием прикладных программ «Компас-3D», Statistica 6.0, MathCAD.

Проведены расчеты металлоконструкции на прочность при изгибе, сварного соединения, зажимов ложемента; металлоконструкции на прочность при изгибе и выявлены максимальные напряжения. Они находятся в пределах допустимых норм. Условие прочности сварного соединения выполнено. Расчет зажимов ложемента показал, что условие износостойкости выполняется.

**Ключевые слова:** стенд; ремонт; станина; прочность сварного соединения; ложемент

## Development of a stand for maintenance and repair of railway equipment units

**Sergey P. Lysy<sup>1</sup>, Inna A. Polikanova<sup>1</sup>, Maria A. Vishnikina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Branch of the Samara State Transport University in Penza; Penza, Russian Federation;

<sup>2</sup> Secondary school No. 37; Penza, Russian Federation

### ABSTRACT

The development of a stand for maintenance and repair of railway equipment units includes theoretical and practical research. Theoretical research is the basis for obtaining practical results. Special attention is paid to the calculations of critical components and parts. By means of the stand, cars, locomotives, electric locomotives and other rolling stock can be brought into working condition.

The purpose of the work is to develop a stand for maintenance and repair of railway equipment units. The object of the study is the technological process of the stand for the maintenance and repair of railway equipment units.

The scientific novelty of the work is: theoretical justification of the stand design parameters; design and technological scheme of the stand; optimal design and operating parameters of the stand; estimated performance indicators of the stand.

The practical significance lies in the use of the stand on the repair sections of the railway, reducing the labor intensity of the work performed, ease of maintenance, and the lowest cost of manufacturing.

Theoretical methods were based on the principles of classical mechanics, mathematical analysis, synthesis, modeling, etc. Experimental data processing was performed using the application programs "Compass-3D", Statistica 6.0, MathCAD.

Calculations of the metal structure for bending strength, welded joints, and bed clamps were performed.

The calculation of the bending strength of the metal structure was performed and the maximum stresses were found to be within the permissible limits. The condition for the strength of the welded joint is met. The calculation of the bed clips showed that the condition of wear resistance is met.

**Keywords:** stand; repair; frame; strength of the welded joint; lodgment

## ВВЕДЕНИЕ

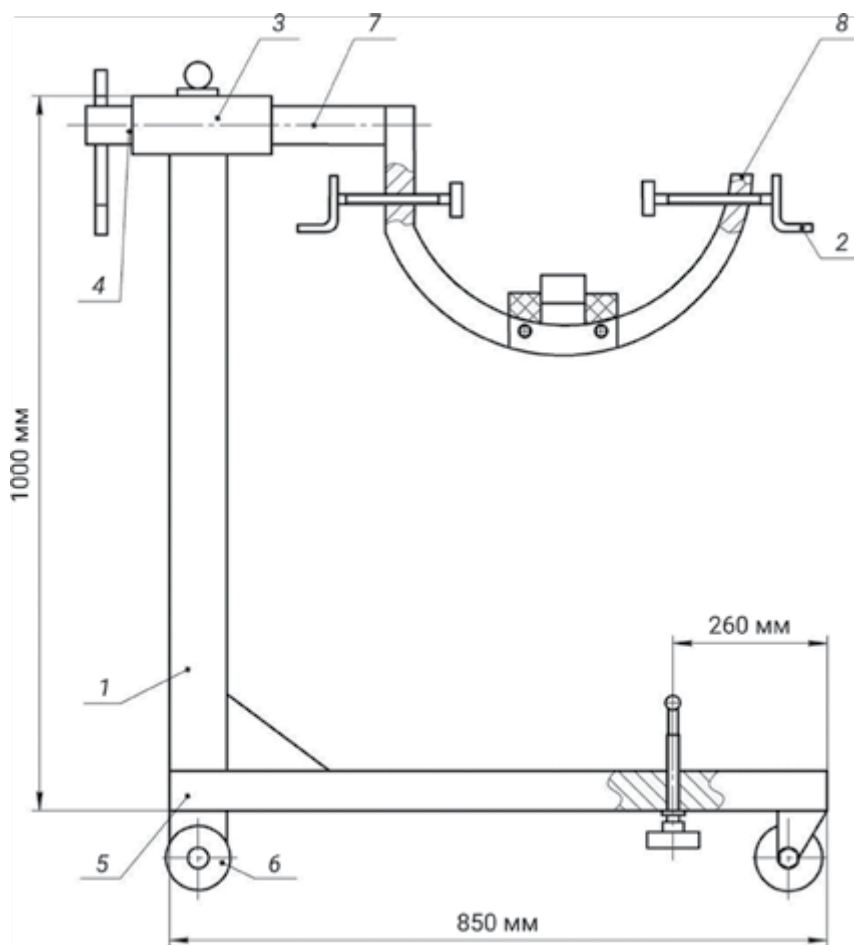
Основная задача изобретения сводится к обеспечению надежного и быстрого закрепления узлов железнодорожной техники для проведения эффективных монтажных и демонтажных работ при ремонте [1, 2].

На рис. 1 изображена схема предлагаемого стенда.

Решение поставленной задачи обеспечивается тем, что стенд для сборки и разборки изделий содержит станину 5 со стойкой 1 и ложементом 8. Ложемент 8 выполнен в виде люльки для размещения изделия и фиксации его с помощью зажимов 2, которая установлена на горизонтальной оси 4, смонтированной в подшипниковых опорах 3 верхней части стойки 1, установленных в нижней части рамки, двух опор ложемента 8, выполненных в виде профильных протяженных элементов, длина которых соответствует средним габаритам изделий, винтового регулировочного механизма 7 и захватов. При этом опоры ложемента 8 с одной стороны от дугообразной рамки установлены перпендикулярно к плоскости рамки. С другой стороны от дугообразной рамки упомянутые опоры

расположены под углом к горизонту, соответствующим габаритам изделия, и на их концах выполнены захваты. Станина 5 снабжена колесами 6 для перемещения стенда и тремя выдвижными опорами. Стойки установлены под углом в 10–20° к вертикали. Путем обмера узлов железнодорожной техники практически установлены средние габариты изделий и диапазон углов наклона опор ложемента 8 к горизонту — 9–17°. Ложемент может быть также кольцевым или прямоугольным. Количество опор выбрано из условий устойчивости на двух опорах, что особенно важно при сферическом днище, центральная часть которого проваливается между двумя пластинами. При этом вертикаль, проведенная через центр тяжести узла, оказывается между пластинами, что соответствует условию устойчивости изделия [3, 4].

Стенд работает следующим образом. После разблокирования опор стенд может быть перемещен в удобное для работы положение с помощью колес 6, установленных на станине 5. Изделие укладывается в ложемент 8, закрепленный на оси, и фиксируется с помощью зажимов 2. Для удобства работы ложемент может быть повернут вручную



**Рис. 1.** Схема предлагаемого стенда: 1 — стойка; 2 — зажим; 3 — подшипниковые опоры; 4 — горизонтальная ось; 5 — станина; 6 — колесо; 7 — винтовой регулировочный механизм; 8 — ложемент

или с помощью каких-либо механизмов относительно оси и закреплен в требуемом положении зажимом 2. Положение изделия в ложементе может регулироваться с помощью винтового регулировочного механизма 7. Он позволяет поднимать или опускать один конец изделия с последующей его фиксации в ложементе 8 винтовыми зажимами 2. После установки станда в нужное положение, опоры опускаются вниз и фиксируют станд на полу. При этом наличие именно трех опор обеспечивает устойчивость станда даже на неровном полу [5, 6].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретические методы основывались на принципах классической механики, математического анализа, синтеза, моделирования и др. Обработка экспериментальных данных выполнена с использованием прикладных программ «Компас-3D», Statistica 6.0, MathCAD и др. [7, 8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 2 представлена схема к расчету металлоконструкции на прочность при изгибе [9, 10].

Определим опорные реакции  $\sum M_A = 0, R_B \cdot 330 - G \cdot 530 = 0; R_B = 3000 \cdot 530 / 330 = 4818,18 \text{ Н}$ .

$\sum M_B = 0, R_A \cdot 330 - G \cdot 200 = 0; R_A = -3000 \cdot 200 / 330 = -1818,18 \text{ Н}$ . Для расчета ложемента на прочность при изгибе построим эпюры изгибающих моментов. Для построения эпюр разобьем балку на два участка. Участок AB:  $0 \leq Z_1 \leq 330 \text{ мм}$ .  $M Z_1 = -R_A \cdot Z_1$ ; при  $Z_1 = 0; M_A = 0$ ; при  $Z_1 = 330 \text{ мм}$ .  $M_B = -1818,18 \cdot Z_1 = -600\,000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ . Участок BC:  $0 \leq Z_2 \leq 200 \text{ мм}$ .  $M Z_2 = -G \cdot Z_2$ ; при  $Z_2 = 0; M Z_2 = 0$ ; при  $Z_2 = 200 \text{ мм}$ ;  $M_B = -3000 \cdot 200 = -600\,000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$  [11, 12].

По полученным данным построили эпюры изгибающих моментов (рис. 2). Опасным будет сечение в точке B, так как изгибающий момент достигает своего наибольшего абсолютного значения [13]. Определим прочность металлоконструкции по нормальным напряжениям по формуле условия прочности<sup>1</sup>

$$\sigma_{\max} = \left( \frac{M_{\max}}{W_x} \right) \leq [\sigma], \quad (1)$$

где  $\sigma_{\max}$  — напряжения в опасном сечении вала, МПа;  $W_x$  — осевой момент сопротивления, м<sup>3</sup>;  $[\sigma]$  — допускаемое напряжение, МПа [14, 15].

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n}, \quad (2)$$

где  $\sigma_T$  — предел текучести, для стали 45  $\sigma_T = 355 \text{ МПа}$ ;  $n$  — коэффициент запаса прочности, коэффициент запаса прочности принимаем равным  $n = 3$ .

$$[\sigma] = 355 / 3 = 118,3 \text{ МПа}. \quad (3)$$

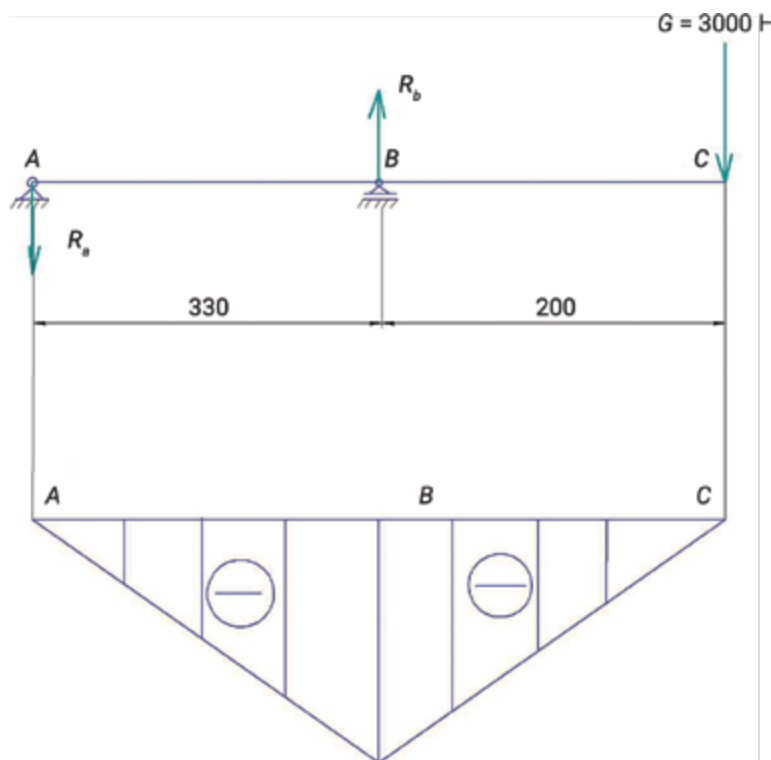


Рис. 2. Схема к расчету металлоконструкции и эпюра изгибающего момента

<sup>1</sup> Digital Railway Strategy. Network Rail, April 2018. 42 p.

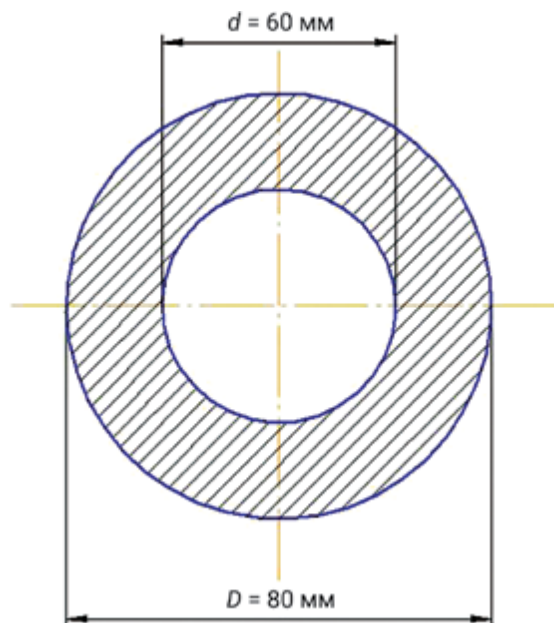


Рис. 3. Схема кольцевой формы сечения

Осей момент сопротивления для кольцевой формы сечения (рис. 3) в сечении *B* определяется по формуле [16, 17]

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^4}{32} \cdot (1 - c^4), \quad (4)$$

где *D* — наружный диаметр сечения, мм; *d* — внутренний диаметр сечения, мм.

$$c = \frac{d}{D}.$$

$$W_x = \frac{3,14 \cdot 80^4}{32} \cdot (1 - 0,8^4) = 28\,359,47 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_{\max B} = \frac{600\,000}{28\,359,47} = 21,2 \text{ МПа} < 118,3 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

Проведем расчет сварного соединения (рис. 4) [18, 19].

Определим расчетные суммарные напряжения среза, подставляя принятые значения катета:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{17,1}{2,5} + \frac{341,2}{2,5} = 6,84 + 136,48 = 143,32 \text{ МПа}.$$

$$\tau_{\Sigma} = 143,32 \text{ МПа} < [\sigma] = 159,6 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

Проведем расчет зажимов ложеента (рис. 5).

$$q = \frac{2F}{\pi d_2 H} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10}{3,14 \cdot 14 \cdot 21} = 10,8 \text{ МПа} < 10^3 \dots 13 \text{ МПа}. \quad (5)$$

Условие износостойкости выполняется, так как  $q < [q]$ .

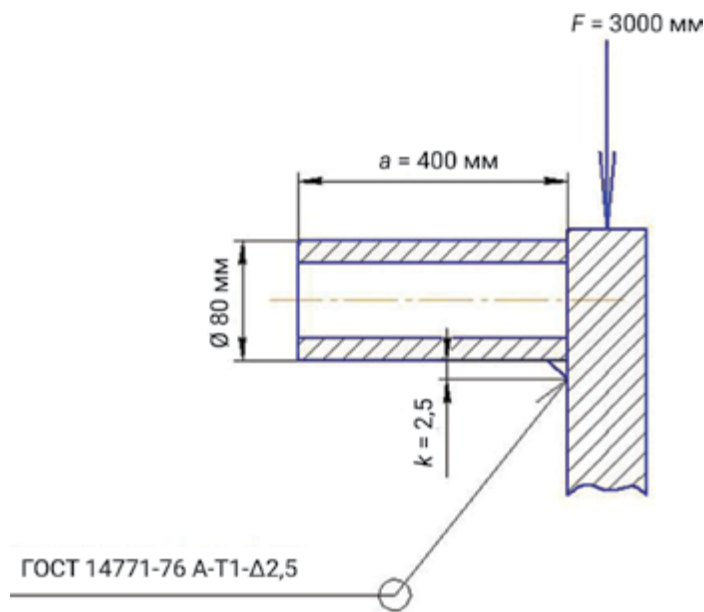


Рис. 4. Расчетная схема сварного соединения

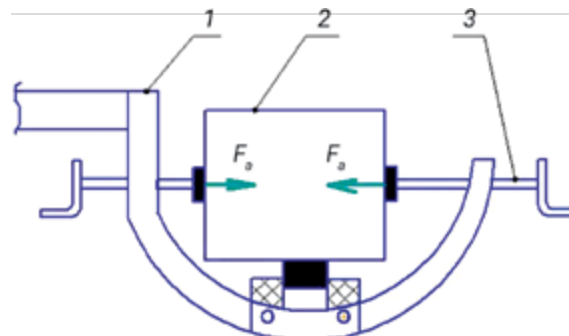


Рис. 5. Схема ложеента с зажимами: 1 — ложемент; 2 — узел железнодорожного транспорта; 3 — зажим

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Теоретические расчеты показали, что конструкция стенда способна выдержать максимальные нагрузки, возникающие в ее узлах. Проведен расчет металлоконструкции на прочность при изгибе и выявлены максимальные напряжения  $\sigma_{\max B} = 21,2 \text{ МПа}$ . Они находятся в пределах допустимых норм и условие выполняется. Условие прочности при расчете сварного соединения  $\tau_{\Sigma} = 143,32 \text{ МПа} < [\sigma] = 159,6 \text{ МПа}$  выполнено. Расчет зажимов ложеента продемонстрировал, что условие износостойкости соблюдено, так как  $q < [q]$ .

Разработка позволит уменьшить трудоемкость выполняемых работ при ремонте, а стоимость изготовления конструкции будет минимальная.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лысый С.П., Вишникина М.А. Результаты расчета некоторых узлов и деталей машин // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции. 2018. С. 748–750.
2. Смагин В.Э., Лысый С.П., Поликанова И.А., Вишникина М.А. Анализ современных стендов для разборки-сборки двигателей // Инфраструктура и эксплуатация наземного транспорта: мат. Международной студенческой науч.-практ. конф.: в 2-х ч. Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в Нижнем Новгороде, 2019. С. 356–360.
3. Ермакова П.С., Лысый С.П., Стрыгина Т.Г., Поликанова И.А. Инновационные технологии по организации перевозок и управлению на транспорте // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 141–143.
4. Лысый С.П., Сычева Т.А., Кузнецов М.А., Поликанова И.А. Информационные технологии, применяемые в железнодорожной отрасли // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 147–149.
5. Бойков В.Н., Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Цифровая автомобильная дорога как отраслевой сегмент цифровой экономики // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 2 (75). С. 56–60.
6. Левин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 2 (75). С. 138–145.
7. Левин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 3 (76). С. 50–61.
8. Смагин Ю.С., Ефремов А.Ю. Первая цифровая система централизации в Германии // Железные дороги мира. 2018. № 8. С. 63–67.
9. Розенберг Е.Н., Батраев В.В. О стратегии развития цифровой железной дороги // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 1. С. 9–27.
10. Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. СПб.: ПГУПС, 2016. 171 с.
11. Hahanov V. *Cyber Physical Computing for IoT-driven Services*. New York: Springer Int. Publ. AG, 2018. 279 p. DOI: 10.1007/978-3-319-54825-8
12. Dikmen M., Burns C. Trust in Autonomous Vehicles: The Case of Tesla Autopilot and Summon // 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). 2017. Pp. 1093–1098. DOI: 10.1109/SMC.2017.8122757
13. Song H., Srinivasan R., Sookoor T., Jeschke S. *Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., 2017. 912 p. DOI: 10.1002/9781119226444
14. Stäubli R., Gschwend P. Digital Signalling in the Simmental // *Signal+Draht*. 2018. Issue 10. Pp. 40–46.
15. Bauer T., Benito D.N. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience // *Signal+Draht*. 2018. Issue 7+8. Pp. 6–12.
16. Heidmann L. Smart Point Machines: Paving the Way for Predictive Maintenance // *Signal+Draht*. 2018. Issue 9. Pp. 70–75.
17. Darwish T.S., Bakar K.A. Fog Based Intelligent Transportation Big Data Analytics in The Internet of Vehicles Environment: Motivations, Architecture, Challenges, and Critical Issues // *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. Pp. 15679–15701. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2815989
18. Eychenne Ch., Zorian Y. An Effective Functional Safety Infrastructure for System-on-Chips // 2017 IEEE 23rd International Symposium on On-Line Testing and Robust System Design (IOLTS). 2017. Pp. 63–66. DOI: 10.1109/iolts.2017.8046235
19. Kacou M.A., Ghaffari F., Romain O., Condamine B. Error Rate Estimation of a Design Implemented in an FPGA Based on the Operating Conditions // 2017 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS). 2017. Pp. 459–465. DOI: 10.1109/ewdts.2017.8110059

## REFERENCES

1. Lysy S.P., Vishnikina M.A. Calculation results of some units and machine parts. *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference*. 2018; 748-750. (In Russian).
2. Smagin V.E., Lysy S.P., Polikanova I.A., Vishnikina M.A. Analysis of modern stands for disassembly and assembly of engines. *Infrastructure and operation of ground transport materials of the international student scientific and practical conference: in 2 hours*. Branch of the Samara state University of railway transport in Nizhny Novgorod, 2019; 356-360. (In Russian).
3. Ermakova P.S., Lysy S.P., Strygina T.G., Polikanova I.A. Innovative technologies for the organization of transport and management of transport. *Science and Education of Transport*. 2019; 1:141-143. (In Russian).
4. Lysy S.P., Sycheva T.A., Kuznetsov M.A., Polikanova I.A. Information technologies applied in the railway industry. *Science and Education of Transport*. 2019; 1:147-149. (In Russian).
5. Boykov V.N., Skvortsov A.V., Sarychev D.S. Digital motorway as an industry segment of digital economy. *Transport of the Russian Federation*. 2018; 2:56-60. (In Russian).
6. Lyovin B.A., Tsvetkov V.Ya. Cybernetics and physical systems for transport management. *World of Transport*. 2018; 16(2):(75):138-145. (In Russian).
7. Levin B.A., Tsvetkov V.Ya. Digital railway: principles and technologies. *World of Transport*. 2018; 16(3):(76):50-61. (In Russian).
8. Smagin Yu.S., Efremov A.Yu. First digital interlocking in Germany. *Railways of the World*. 2018; 8:63-67. (In Russian).
9. Rosenberg E.N., Batraev V.V. About the digital rail development strategy. *Bulletin of united scientific Council of JSC Russian Railways*. 2018; 1:9-27. (In Russian).
10. Efanov D. *Functional control and monitoring of railway automation and telemechanics devices*. St. Petersburg, Petersburg University of Railways, 2016; 171. (In Russian).
11. Hahanov V. *Cyber Physical Computing for IoT-driven Services*. New York, Springer Int. Publ. AG, 2018; 279. DOI: 10.1007/978-3-319-54825-8
12. Dikmen M., Burns C. Trust in Autonomous Vehicles: The Case of Tesla Autopilot and Summon. *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. 2017; 1093-1098. DOI: 10.1109/SMC.2017.8122757



13. Song H., Srinivasan R., Sookoor T., Jeschke S. *Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., 2017; 912. DOI: 10.1002/9781119226444
14. Stäuble R., Gschwend P. Digital Signalling in the Simmental. *Signal+Draht*. 2018; 10:40-46.
15. Bauer T., Benito D.N. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience. *Signal+Draht*. 2018; 7+8:6-12.
16. Heidmann L. Smart Point Machines: Paving the Way for Predictive Maintenance. *Signal+Draht*. 2018; 9:70-75.
17. Darwish T.S., Bakar K.A. Fog Based Intelligent Transportation Big Data Analytics in The Internet of Vehicles Environment: Motivations, Architecture, Challenges, and Critical Issues. *IEEE Access*. 2018; 6:15679-15701. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2815989
18. Eychenne Ch., Zorian Y. An Effective Functional Safety Infrastructure for System-on-Chips. *2017 IEEE 23rd International Symposium on On-Line Testing and Robust System Design (IOLTS)*. 2017; 63-66. DOI: 10.1109/iolts.2017.8046235
19. Kacou M.A., Ghaffari F., Romain O., Condomin B. Error Rate Estimation of a Design Implemented in an FPGA Based on the Operating Conditions. *2017 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*. 2017; 459-465. DOI: 10.1109/ewdts.2017.8110059

## Об авторах

**Сергей Петрович Лысый** — кандидат технических наук, преподаватель общепрофессиональных дисциплин; **Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Пензе (Филиал СамГУПС в г. Пензе)**; 440604, г. Пенза, ул. Володарского/Октябрьская, д. 98/5; lsysy.sergey2018@yandex.ru;

**Инна Андреевна Поликанова** — преподаватель общепрофессиональных дисциплин, заместитель директора по учебной работе; **Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Пензе (Филиал СамГУПС в г. Пензе)**; 440604, г. Пенза, ул. Володарского/Октябрьская, д. 98/5; polikanowa81@mail.ru;

**Мария Алексеевна Вишникина** — преподаватель, заместитель директора по воспитательной работе; **Средняя общеобразовательная школа № 37 (СОШ № 37)**; 440047, г. Пенза, ул. Минская, д. 6 А; vi.mash@yandex.ru.

## Bionotes

**Sergey P. Lysy** — Cand. Sci. (Tech.), teacher of general professional disciplines; **Branch of the Samara State Transport University in Penza**; 98/5 Volodarsky/Oktyabrskaya st., Penza, 440604, Russian Federation; lsysy.sergey2018@yandex.ru;

**Inna A. Polikanova** — teacher of general professional disciplines, deputy director for academic affairs; **Branch of the Samara State Transport University in Penza**; 98/5 Volodarsky/Oktyabrskaya st., Penza, 440604, Russian Federation; polikanowa81@mail.ru;

**Maria A. Vishnikina** — teacher, deputy director for educational work; **Secondary school No. 37**; 6 A Minsk st., Penza, 440047, Russian Federation; vi.mash@yandex.ru.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Лысый С.П., Поликанова И.А., Вишникина М.А. Разработка стенда по техническому обслуживанию и ремонту узлов железнодорожной техники // *Техник транспорта: образование и практика*. 2020. Т. 1. Вып. 3. С. 210–215. DOI 10.46684/2687-1033.2020.3.210-215

**FOR CITATION:** Lysy S.P., Polikanova I.A., Vishnikina M.A. Development of a stand for maintenance and repair of railway equipment units. *Transport technician: education and practice*. 2020; 1(3):210-215. (In Russian). DOI 10.46684/2687-1033.2020.3.210-215

Поступила в редакцию 8 мая 2020 г.

Принята в доработанном виде 29 мая 2020 г.

Одобрена к публикации 20 августа 2020 г.

Received May 8, 2020.

Adopted in a revised form on May 29, 2020.

Approved for publication on August 20, 2020.

© С.П. Лысый, И.А. Поликанова, М.А. Вишникина, 2020